

IDENTIFICATION OF BACTERIA FROM THE LIQUID WASTE OF PETROLEUM AS LEARNING MODULE CONCEPT OF PROKARYOT IN BASIC MICROBIOLOGY COURSE

Suratni*, Irda Sayuti, Sri Wulandari

uny_sayyed@yahoo.com +6285355505791

Biology Education Faculty of Teacher Training and Education
University of Riau

Abstract: *This research was aimed at studying the identification of bacteria from the liquid waste of petroleum from August to October 2014. The result of research was used to development a learning module in basic microbiology course. This research was implemented in 2 steps, they are Laboratory research and development a learning module by use of ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) development. Isolation of bacteria was under taken using thinning methods (plating methods) grown at solid media Stone Mineral Salt Solution Extract Yeast (SMSSe) added with crude oil as selective media. Colonies observed on the media after incubation on the temperature 28-30⁰C for 24-48 hours were identified based on macroscopic observations, microscopic and biochemical tests to ensure that the bacteria identified was absolutely petroleum bacteria. The research result carried out 3 genera of bacteria namely Enterobacter, Pseudomonas and Klebsiella. The result of research is developed as learning module in the concept of prokaryot to enrich teaching materials in basic microbiology course.*

Key words: *Identification, SMSSe Media, Learning Module*

IDENTIFIKASI BAKTERI DARI LIMBAH CAIR MINYAK BUMI SEBAGAI MODUL PEMBELAJARAN KONSEP PROKARIOT PADA MATA KULIAH MIKROBIOLOGI DASAR

Suratni*, Irda Sayuti, Sri Wulandari

uny_sayyed@yahoo.com +6285355505791

Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari identifikasi bakteri dari limbah cair minyak bumi pada Agustus-Oktober 2014. Hasil penelitian digunakan sebagai pengembangan modul pembelajaran pada Mata Kuliah Mikrobiologi Dasar. Penelitian ini dilakukan dengan 2 tahapan yaitu tahap riset di Laboratorium dan tahap pengembangan Modul Pembelajaran dengan menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation* dan *Evaluation*). Isolasi bakteri dilakukan dengan pengenceran sampel air limbah dan dibiakkan pada media padat *Stone Mineral Salt Solution Extract Yeast* (SMSSe) dengan penambahan minyak bumi mentah sebagai media selektif. Koloni bakteri yang didapatkan diinkubasikan pada temperatur 28-30⁰C selama 24-48 jam dan diidentifikasi dengan pengamatan makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia untuk memastikan bahwa bakteri yang diidentifikasi adalah bakteri minyak bumi. Hasil penelitian ini mendapatkan 3 genus bakteri yaitu *Enterobacter*, *Pseudomonas* dan *Klebsiella* yang dikembangkan sebagai modul pembelajaran konsep prokariot untuk memperkaya bahan ajar pada Mata Kuliah Mikrobiologi.

Kata Kunci: Identifikasi, Media SMSSe, Modul Pembelajaran

PENDAHULUAN

Mikrobiologi Dasar adalah salah satu Mata Kuliah wajib di Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau yang disediakan di semester tiga dengan bobot empat SKS. Pada perkuliahan Mikrobiologi Dasar pembelajarannya dilaksanakan dengan pendekatan *Student Centered Learning* (SCL) dan praktikum berbasis kontekstual.

Mata kuliah ini mengkaji tentang seluk beluk mikroorganisme prokariot, eukariot dan virus beserta peranannya bagi manusia. Kajian mengenai prokariot membahas tentang pembiakan bakteri, isolasi bakteri, pewarnaan, pengenceran, aktivitas biokimia bakteri dan fermentasi (Irda Sayuti dan Sri Wulandari, 2012).

Dalam perkuliahan Mikrobiologi Dasar buku utama yang digunakan adalah Mikrobiologi Jilid I dan II karangan Pelczar and Chan (1988). Dalam pembelajaran konsep prokariot, materi yang dikaji masih bersifat umum. Kajian mengenai bakteri-bakteri yang memiliki kemampuan tertentu sering menggunakan berbagai jurnal penelitian dari luar. Oleh karena itu diperlukan kajian-kajian mengenai bakteri yang memiliki kemampuan tertentu seperti bakteri yang mampu menggunakan hidrokarbon sebagai salah satu sumber karbon metabolismenya yang berasal dari fenomena lokal.

Diharapkan hasil penelitian ini akan menambah informasi-informasi baru tentang identifikasi bakteri yang memiliki kemampuan tumbuh dalam media selektif yang mengandung minyak bumi dan melakukan uji biokimia. Tentunya Mikrobiologi Dasar membutuhkan informasi-informasi tersebut sebagai penambahan bahan ajar dalam bentuk modul pembelajaran yang berbasis riset untuk inovasi dalam proses pembelajarannya. Hasil penelitian ini dikembangkan menjadi modul pembelajaran yang akan dimanfaatkan sebagai salah satu referensi pendukung pada pelaksanaan perkuliahan Mikrobiologi Dasar dalam pokok bahasan bakteri yang dikhususkan pada materi bakteri minyak bumi.

Minyak bumi adalah hasil proses alami berupa hidrokarbon yang dalam kondisi tekanan dan temperatur atmosfer berupa fasa cair atau padat yang diperoleh dari proses penambangan. Hidrokarbon merupakan kandungan yang paling banyak terdapat dalam minyak bumi. Hidrokarbon sulit diuraikan karena dapat menguap, tersapu air hujan atau masuk kedalam tanah dan mengendap sebagai zat beracun (Karwati, 2009).

Aktivitas penambangan minyak bumi sudah tentu menghasilkan produk samping atau limbah. Pada umumnya limbah minyak bumi pada kegiatan usaha minyak dan gas bumi bersumber dari tangki pemisah atau penimbun minyak mentah baik di darat maupun dilaut, instalasi pengolahan air limbah, hasil pembersihan alat-alat penambangan, limbah pemboran, ceceran minyak akibat proses pengangkutan melalui pipa ataupun alat angkut dan air hujan yang bersinggungan langsung dengan semua bahan baku produk antara, produk akhir dan produk sampingan atau limbah yang berlokasi dalam wilayah kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi fasilitas darat (PerMen Lingkungan Hidup No. 19 tahun 2010).

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang memiliki banyak cadangan minyak bumi. Cadangan minyak bumi Indonesia menurut SKK Migas yang dihitung mulai tahun 2012 sekitar 3,6 milyar barrel dan separuhnya berada di Propinsi Riau (Riau Pos.com, 2013). Rokan Hilir sebagai salah satu kabupaten penghasil minyak bumi di Propinsi Riau diketahui memiliki beberapa tangki minyak bumi yang dalam proses produksinya menghasilkan limbah cair yang dibuang pada buangan limbah. Diasumsikan pada buangan limbah cair minyak bumi tersebut terdapat beberapa genera

bakteri yang memanfaatkan hidrokarbon pada minyak bumi sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan dan metabolisme hidupnya.

Mikroorganisme seperti bakteri dapat memanfaatkan hidrokarbon dari minyak bumi baik secara utuh maupun sebagian untuk proses metabolismenya (Connel and Miller dalam Didi Saidi *dkk*, 1999). Menurut Feliatra (2001) bakteri mempunyai peranan penting dalam penguraian minyak bumi dan hampir tidak memberikan efek negatif terhadap lingkungan. bakteri tidak menghasilkan racun ataupun *blooming*, tetapi sebaliknya akan mati seiring dengan habisnya minyak disekitar tempat yang tercemar. Bakteri yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi minyak bumi dikenal dengan bakteri hidrokarbonuklastik. Bakteri ini sangat penting dalam suatu ekosistem sebagai pengurai limbah minyak bumi dilingkungan tercemar.

Agar pengolahan limbah berlangsung secara efektif khususnya limbah yang mengandung hidrokarbon minyak bumi maka langkah awal yang perlu dilakukan adalah mencari mikroorganisme yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi hidrokarbon minyak bumi. Pada penelitian ini dilakukan identifikasi bakteri minyak bumi yang dilakukan dengan mengambil sampel di lokasi limbah cair minyak bumi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Oktober 2014 di Laboratorium Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Riau, Pekanbaru. Penelitian ini adalah penelitian deskriptif yang terdiri atas dua tahapan yaitu tahap riset di Laboratorium dan tahap pengembangan modul pembelajaran dari hasil penelitian.

Sampel air diambil dari kolam tempat penampungan limbah cair minyak bumi. Selanjutnya sampel dimasukkan kedalam botol koleksi steril dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Tahap pertama dilakukan adalah mengisolasi bakteri minyak bumi dengan menggunakan metode seri pengenceran (*plating methods*) yang dilakukan dengan mengambil 10 ml sampel dan dimasukkan kedalam tabung reaksi yang berisi 9 ml akuades steril sehingga didapatkan pengenceran 10^{-1} untuk mendapatkan pengenceran 10^{-2} dilakukan dengan mengambil 1 ml dari pengenceran 10^{-1} dan dimasukkan kedalam tabung reaksi yang berisi 9 ml akuades steril, demikian seterusnya hingga mendapatkan pengenceran 10^{-6} . Masing-masing seri pengenceran diambil 1 ml dan dimasukkan kedalam cawan petri yang telah berisi media padat *Stone Mineral Salt Solution Extract Yeast* (SMSSe) yang ditambahkan minyak bumi mentah sebanyak 2% sebagai media selektif. Selanjutnya media yang telah berisi sampel dengan seri pengenceran diratakan dengan membentuk angka 8 dan diinkubasikan selama 24-48 jam pada suhu $28-30^{\circ}\text{C}$. Koloni yang tumbuh diamati secara makroskopik meliputi bentuk, warna, tepian, permukaan dan elevasi koloni. Berdasarkan perbedaan penampilan koloni maka dilakukan tahap pemurnian sehingga diperoleh sejumlah isolat bakteri.

Isolat yang didapatkan selanjutnya diidentifikasi dengan pengamatan makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia yang mengacu pada buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition* (Robert S. Breed *et al*, 1957). Pada pengamatan mikroskopik diawali dengan melakukan pewarnaan Gram, sehingga dapat dilihat bentuk sel bakteri dan kelompok gram bakteri, sedangkan pada uji biokimia meliputi uji kemampuan bakteri dalam penguraian karbohidrat dengan menggunakan media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA), uji

kemampuan menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dengan menggunakan media *Simon Citrate Agar* (SCA) dan uji motilitas dengan menggunakan media *Sulphite Indole Motility* (SIM).

Data yang diperoleh dari hasil isolasi dan identifikasi bakteri minyak bumi disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Data dibahas secara deskriptif untuk diambil suatu kesimpulan. Integrasi hasil penelitian sebagai bahan ajar berupa Modul Pembelajaran untuk Mata Kuliah Mikrobiologi Dasar. Adapun model pengembangan yang digunakan adalah model pengembangan ADDIE yang terdiri dari 5 tahapan yaitu *Analyze, Design, Development, Implementation, dan Evaluation* (W. Dick and L. Carey 2005). Namun, untuk Tugas Akhir ini pengembangan hasil penelitian menjadi modul pembelajaran hanya dilakukan sampai tahap *Development*.

Modul Pembelajaran yang telah di rancang sedemikian rupa selanjutnya disusun secara sistematis dan dilanjutkan dengan tahapan validasi terlebih dahulu oleh tiga orang dosen yang mencakup Dosen Pendidikan Biologi Bidang Materi Penelitian dan Dosen Pendidikan Biologi Bidang Pendidikan. Aspek yang dinilai meliputi aspek kelayakan isi, aspek kebahasaan, aspek sajian dan aspek kegrafisan serta penilaian secara umum terhadap bahan ajar yang telah dirancang.

Analisis hasil validasi dengan mencari rerata hasil penilaian dari ketiga validator dan dibandingkan dengan kriteria berikut: (a) sangat valid > 4,2-5,0 (b) valid > 3,4-4,2 (c) cukup valid > 2,6-3,4 (d) kurang valid > 1,8-2,6 dan (e) tidak valid = 1,0-1,8 (Eko Putro Widoyoko, 2012). Valid atau tidaknya modul tersebut dapat diketahui dari rerata skor yang diperoleh dari masing-masing validator.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil isolasi bakteri minyak bumi dari berbagai seri pengenceran didapatkan empat koloni yang berbeda. Keempat koloni tersebut selanjutnya diidentifikasi dengan pengamatan makroskopik, mikroskopik dan pengujian biokimia. Hasil pengamatan tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengamatan makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia isolat bakteri minyak bumi dari sampel buangan limbah cair minyak bumi di Benar GS Chevron Kecamatan Rimba Melintang Rokan Hilir.

Identifikasi morfologi dan biokimia bakteri	Isolat (dengan kode)			
	A	B	C	D
Bentuk koloni	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat
Tepi koloni	Tepian kerang	Tepian rata	Tepian bergerigi	Tepian rata
Warna koloni	Putih kekuningan	Putih	Putih kekuningan	Putih
Elevasi koloni	Datar	Datar, tipis	Datar	Datar, tebal
Pewarnaan gram	-	-	-	-
Bentuk sel	Basil	Basil	Basil	Basil
Uji TSIA	-/-	+/+	-/-	+/+
Gas	-	++	-	+
H ₂ S	-	-	-	-
Uji SCA	+	+	+	+
Uji SIM	+	-	+	+
Genus	<i>Pseudomonas</i>	<i>Klebsiella</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>Enterobacter</i>
Keterangan : TSIA +/+ → Lereng kuning/dasar kuning -/- → Lereng merah/dasar merah ++ → reaksi positif kuat + → reaksi positif - → reaksi negatif				

Tabel 1. menunjukkan bahwa keempat koloni bakteri yang diidentifikasi secara morfologi (makroskopik dan mikroskopik) dan uji biokimia adalah bakteri dari genus *Enterobacter*, *Pseudomonas* dan *Klebsiella*. Isolat A dan C termasuk dalam genus *Pseudomonas* meskipun tepian koloninya berbeda. Robert S. Breed *et al* (1957) dalam bukunya *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition* menjelaskan bahwa pada genus bakteri *Pseudomonas* sendiri terdapat 149 species dan 11 species tambahan. Hal ini dimungkinkan bahwa species yang didapatkan berbeda, tetapi masih dalam genus *Pseudomonas*. Bambang Yudono *dkk* (2013) dalam penelitiannya juga menemukan 4 genus *Pseudomonas* dengan tepian yang berbeda yaitu tepian kerang, rata, berombak dan bergerigi. Ketiga genus bakteri tersebut merupakan kelompok bakteri gram negatif dengan sel bakteri berbentuk batang.

Genus *Enterobacter* memiliki karakteristik koloni berbentuk bulat dengan tepian rata, berwarna putih dengan permukaan rata dan tebal, sel bakteri berbentuk batang gram negatif yang bersifat anaerob fakultatif, mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa dan menghasilkan gas dalam metabolismenya, menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dan bersifat motil.

Klasifikasi bakteri ini berdasarkan buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition* (Robert S. Breed *et al*, 1957) adalah Division Schizophyta, Classis Schizomycetes, Ordo Eubacteriales, Familia Enterobacteriaceae, Genus *Enterobacter*. Genus ini dikenal juga dengan nama lain *Aerobacter*.

Bakteri jenis ini mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa dengan baik pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA). Hal ini dapat dilihat dengan adanya perubahan warna pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA). Sebelum dilakukan isolasi pada agar miring *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA), media ini berwarna merah. Setelah dilakukan inkubasi selama 1x24 jam media ini mengalami perubahan warna dasar dan lereng media menjadi kuning. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Enterobacter* memiliki kemampuan dalam memfermentasikan laktosa dan sukrosa dengan baik. Bakteri ini juga menghasilkan gas H₂S, hal ini dapat dilihat dengan adanya rongga kosong pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA). Dalam metabolismenya, bakteri *Enterobacter* menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber energi. Hal ini ditunjukkan dengan reaksi positif dari media *Simon Citrate Agar* (SCA). Reaksi positif dapat dilihat dengan adanya perubahan warna pada media *Simon Citrate Agar* (SCA) dari hijau menjadi biru. Nur Hidayat *dkk* (2006) menambahkan bahwa bakteri *Enterobacter* juga menggunakan hidrokarbon sebagai salah satu sumber karbon dalam pembentukan energi dan pertumbuhannya. Bakteri *Enterobacter* juga bersifat motil, hal ini dapat dilihat dengan tumbuhnya bakteri secara menyebar pada media *Sulphite Indole Motility* (SIM). .

Pada genus *Pseudomonas* Terdapat 2 isolat yang berbeda dilihat dari tepi koloni. Isolat dengan kode A tepian koloni berbentuk kerang, sedangkan isolat C tepian koloni berbentuk gerigi. Meskipun berbeda dari bentuk tepian koloni, tetapi bentuk koloni ketiganya bulat, berwarna putih hingga putih kekuningan, memiliki permukaan koloni yang datar. Robert S. Breed *et al* (1957) menambahkan bahwa bakteri *Pseudomonas* memiliki karakteristik sel berbentuk batang, pada pewarnaan gram menunjukkan warna merah (gram negatif), tidak menghasilkan gas pada fermentasi karbohidrat, bersifat motil dan bersifat aerob, menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon bagi metabolismenya.

Klasifikasi bakteri *Pseudomonas* berdasarkan buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition* (Robert S. Breed *et al*, 1957)

adalah Division Schizophyta, Classis Schizomycetes, Ordo Pseudomondales, Familia Pseudomonadaceae, Genus *Pseudomonas*.

Bakteri jenis ini tidak mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA), hal ini dapat dilihat tidak adanya perubahan warna pada dasar dan lereng media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA). Bakteri ini menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dalam metabolismenya ditunjukkan dengan reaksi positif perubahan warna pada media *Simon Citrate Agar* (SCA) dari warna hijau menjadi biru. Nur Hidayat *dkk* (2006) menambahkan bahwa bakteri ini juga menggunakan hidrokarbon sebagai salah satu sumber karbon dalam proses pembentukan energi dan pertumbuhannya. Bakteri *Pseudomonas* merupakan bakteri bersifat motil, dapat dilihat dengan adanya pertumbuhan menyebar pada media *Sulphite Indole Motility* (SIM).

Bakteri jenis lain yang ditemukan adalah bakteri *Klebsiella*. Bakteri ini memiliki karakteristik koloni berbentuk bulat dengan tepian rata, koloni berwarna putih dengan permukaan rata dan tipis, sel bakteri berbentuk gram negatif, bersifat non-motil dan dapat tumbuh baik pada media MacConkey. Bakteri ini satu familia dengan bakteri *Enterobacter*. Bedanya bakteri jenis ini menunjukkan reaksi kuat dalam pembentukan gas dengan terbentuknya banyak gelembung gas dari proses metabolismenya. Selain itu bakteri ini bersifat non-motil.

Klasifikasi bakteri *Klebsiella* berdasarkan buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition* (Robert S. Breed *et al*, 1957) adalah Divison Schizophyta, Classis Schizomycetes, Ordo Eubacteriales, Familia Enterobacteriaceae, Genus *Klebsiella*.

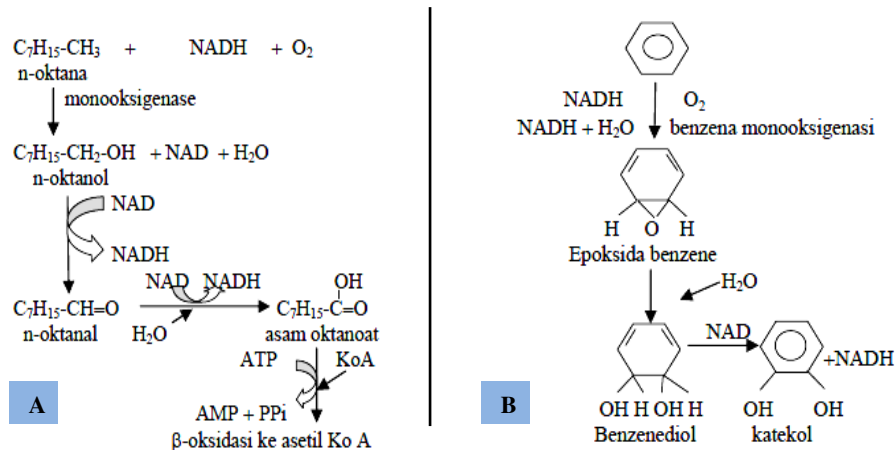
Klebsiella menunjukkan kemampuannya dalam memfermentasikan laktosa dan sukrosa pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA). Hal ini ditunjukkan dengan perubahan warna pada dasar dan lereng agar miring *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA). *Klebsiella* juga mampu menghasilkan gas dalam metabolismenya, tidak menghasilkan gas H₂S karena tidak terlihat pembentukan warna hitam pada media TSIA. *Klebsiella* menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dalam metabolismenya ditunjukkan dengan reaksi positif perubahan warna pada media *Simon Citrate Agar* (SCA) dari warna hijau menjadi biru. Nur Hidayat *dkk* (2006) menambahkan bahwa selain menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon bakteri ini juga menggunakan hidrokarbon sebagai sumber karbon dalam pembentukan energi dan pertumbuhannya. Bakteri ini bersifat non-motil, hal ini dapat dilihat dengan pertumbuhan bakteri hanya pada bekas tusukan tetapi tidak menyebar hingga ke permukaan media *Sulphite Indole Motility* (SIM). Bakteri *Klebsiella* diketahui memiliki kemampuan hidup pada kondisi lingkungan yang tercemar hidrokarbon minyak bumi dan mampu mendegradasikan hidrokarbon minyak bumi (Feliatra, 2001).

Ketiga genus bakteri yaitu *Enterobacter*, *Pseudomonas* dan *Klebsiella* memiliki kemampuan untuk tumbuh dan berkembang pada media yang berisi minyak bumi mentah. Genus-genus bakteri tersebut memanfaatkan hidrokarbon pada minyak bumi sebagai salah satu sumber karbon dalam metabolismenya. Nur Hidayat *dkk* (2006) dan Feliatra (2011) menjelaskan bahwa *Enterobacter*, *Pseudomonas* dan *Klebsiella* dapat dijadikan sebagai agen pendegradasi hidrokarbon pada minyak bumi dengan cara menggunakannya sebagai salah satu sumber karbon dalam pertumbuhan dan perkembangannya.

Menurut Atlas and Bartha (dalam Karwati, 2009) degradasi hidrokarbon alifatik jenuh dan hidrokarbon aromatik berlangsung secara aerobik. Degradasi senyawa alifatik

(parafin) seperti *n*-alkana terutama melalui oksidasi pada gugus metil terminal membentuk alkohol primer dengan bantuan enzim oksigenase. Alkohol akan dioksidasi lebih lanjut menjadi aldehida, kemudian asam organik dan akhirnya dihasilkan asam lemak dan asetil koenzim A. Senyawa antara asetil Ko-A akan masuk ke dalam siklus Krebs, rantai karbon akan berkurang dari C_n menjadi C_{n-2} yang terus berlanjut sampai molekul hidrokarbon teroksidasi.

Hidrokarbon aromatik banyak digunakan sebagai donor elektron secara aerobik. Metabolisme senyawa ini diawali dengan pembentukan Protocatechuate atau catechol atau senyawa yang secara struktur berhubungan dengan senyawa ini. Kedua senyawa ini selanjutnya didegradasi menjadi senyawa yang dapat masuk ke dalam siklus Krebs (siklus asam sitrat), yaitu suksinat, asetil KoA dan asam piruvat. Reaksi degradasi hidrokarbon alifatik dan hidrokarbon aromatik oleh bakteri dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi degradasi hidrokarbon (A) Hidrokarbon alifatik (B) Hidrokarbon aromatik (Atlas and Bartha dalam Karwati 2009).

Oleh karena itu, ketiga genus bakteri ini dapat digunakan sebagai biodegradasi atau pengurai pada limbah minyak bumi sehingga dapat mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan sekitar lokasi penambangan minyak bumi.

Hasil penelitian disesuaikan dengan Intruksional Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD) yang tercantum pada Rencana Kegiatan Program Pembelajaran (RKPP) pada mata kuliah Mikrobiologi Dasar. Hal ini bertujuan untuk memperoleh Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD) yang sesuai dengan hasil penelitian. Berdasarkan Analisis Intruksional pada mata kuliah Mikrobiologi Dasar maka hasil penelitian isolasi dan identifikasi bakteri minyak bumi dapat dijadikan modul pembelajaran pada mata kuliah Mikrobiologi Dasar pada konsep prokariot. Intruksional yang dapat diintegrasikan mencakup: (a) standar kompetensi yaitu memahami dunia mikroba prokariotik dan eukariotik dan aplikasinya untuk kepentingan manusia dan (b) kompetensi dasar yaitu menjelaskan morfologi, struktur halus dan sifat-sifat kimia mikroba prokariotik.

Indikator yang dapat dicapai meliputi: (a) mendeskripsikan gambaran umum bakteri minyak bumi, (b) mendefinisikan istilah isolasi dan identifikasi, (c) menjelaskan jenis-jenis media tumbuh bakteri dan tahapan proses isolasi bakteri, (d) menjelaskan cara pewarnaan gram bakteri (e) menjelaskan media-media dalam pengujian sifat biokimia bakteri dan (f) mengetahui jenis-jenis bakteri minyak bumi berdasarkan sifat biokimianya. Sedangkan tujuan pembelajaran yang dapat dicapai meliputi (a) mendeskripsikan gambaran umum bakteri minyak bumi, (b) memahami tentang isolasi

dan identifikasi bakteri minyak bumi dan (c) mengetahui jenis-jenis bakteri minyak bumi berdasarkan sifat biokimianya. Indikator pada modul pembelajaran disusun sebagai kriteria yang mengindikasikan bahwa Tujuan Pembelajaran telah dicapai, itulah sebabnya jumlah indikator pada modul pembelajaran lebih banyak dari pada tujuan pembelajaran.

Perancangan modul secara garis besar memuat tentang konsep prokariot yang mengkhususkan pada materi jenis-jenis bakteri minyak bumi. Desain modul pembelajaran disusun dan dikembangkan dengan struktur modul menurut Sidik dan Jamaludin (dalam Yustina, 2010) meliputi topik modul, tingkatan kurikulum, panduan penggunaan, pendahuluan, sumber/rujukan dan komponen utama yang terdiri atas topik dan tujuan pembelajaran, bahan pelajaran, kegiatan pembelajaran dan penilaian. Modul pembelajaran ini juga dilengkapi dengan umpan balik, rangkuman, tes formatif, kunci jawaban tes formatif, dan glosarium yang dikaitkan berdasarkan hasil penelitian. Modul pembelajaran yang telah dikembangkan divalidasi oleh validator yaitu dua orang dosen ahli materi dan satu orang dosen ahli kependidikan. Penilaian hasil validasi modul pembelajaran disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rerata hasil penilaian modul Pembelajaran Mikrobiologi Dasar oleh Validator.

Kriteria penilaian	Rerata penilaian			Rerata ketiga Validator
	Validator 1 (Ahli Materi)	Validator 2 (Ahli Materi)	Validator 3 (Ahli Kependidikan)	
Kelayakan isi	4,88	4,22	4,37	4,49
Kebahasaan	4,00	4,50	4,00	4,16
Sajian	5,00	4,60	4,40	4,66
Kegrafisan	4,25	4,00	4,75	4,33
Rerata	4,53	4,33	4,38	4,41
Penilaian Umum	B	B	B	Sangat Valid

Keterangan: B = Dapat digunakan dengan sedikit revisi

Tabel 2. menunjukkan bahwa hasil penilaian dari ketiga Validator dari keempat aspek penilaian yaitu kelayakan isi, kebahasaan, sajian dan kegrafisan berkisar antara 4,16 hingga 4,66 dengan rentang penilaian 1-5. Hal ini menunjukkan bahwa hasil penilaian modul pembelajaran berada pada kategori valid hingga sangat valid (Eko Putro Widoyoko, 2012). Penilaian tertinggi terlihat pada aspek sajian yaitu 4,66 dan penilaian terendah terlihat pada aspek kebahasaan yaitu 4,16. Aspek sajian pada modul mencantumkan kejelasan tujuan pembuatan modul, urutan penyajian yang disusun secara sistematis, pemberian motivasi untuk menarik minat dan menumbuhkan rasa ingin tahu peserta didik, interaktivitas (*stimulus* dan *respond*) dengan mencantumkan sajian-sajian pengetahuan tambahan dan penyusunan informasi yang lengkap sehingga modul terlihat rapi, sistematis dan menarik. Rendahnya penilaian pada aspek kebahasaan disebabkan kurangnya menggunakan kalimat yang mudah dipahami dan keefektifan penggunaan bahasa dalam penyajiannya, sehingga modul yang disajikan perlu dikembangkan lebih mendalam dalam penggunaan bahasa yang efektif, efisien dan menggunakan kalimat yang mudah dipahami sehingga akan terlihat lebih menarik dan memudahkan peserta didik dalam memanfaatkan modul pembelajaran sebagai salah satu referensi tambahan dan penunjang belajar secara mandiri dalam pembelajaran Mikrobiologi Dasar. Hasil penilaian modul pembelajaran oleh ketiga Validator adalah sangat valid dengan rerata 4,41 (>4,2-5,0) dan penilaian secara umum adalah modul pembelajaran dapat digunakan dengan revisi yang sedikit.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Isolat bakteri yang ditemukan dari limbah cair minyak bumi adalah genus *Enterobacter*, *Pseudomonas* dan *Klebsiella*. Perlu dilakukan penelitian identifikasi bakteri minyak bumi sampai pada tingkat species dan uji lanjut mengenai kemampuan masing-masing isolat bakteri dalam mendegradasi minyak bumi. Modul pembelajaran dapat digunakan sebagai salah satu bahan ajar tambahan pada Mata Kuliah Mikrobiologi Dasar. Modul pembelajaran yang dihasilkan dari penelitian ini dapat dilakukan penelitian lanjutan hingga pada tahap *Implementation*, dan *Evaluation* sesuai dengan model pengembangan pembelajaran ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*).

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Yudono, Sri Pertiwi Estuningsih, M. Said, Sabarudin dan Adipati Napoleon. 2013. Eksplorasi Bakteri Indigen Pendeградasi Limbah Minyak Bumi di Wilayah PT Pertamina UBEP Limau Muara Enim. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. Lampung.
- Didi Saidi, Anas Iswand, Noegroho Hadi dan Dwi Andreas Santoso. 1999. Kemampuan Bakteri dari Ekosistem Air Hitam Kalimantan Tengah dalam Merombak Minyak Bumi dan Solar. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 2(2):1-7. FAPERTA Universitas Pembangunan Nasional Veteran. Yogyakarta.
- Eko Putro Widoyoko. 2012. *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Feliatra. 2001. *Buku Ajar Mikrobiologi Laut*. Pusat Penelitian Kawasan Pantai dan Perairan Universitas Riau. Pekanbaru.
- Irda Sayuti dan Sri Wulandari. 2012. Silabus Mata Kuliah Mikrobiologi Dasar. FKIP Biologi Universitas Riau. Pekanbaru.
- Karwati. 2009. Degradasi Hidrokarbon pada Tanah tercemari Minyak Bumi dengan Isolat A10 dan D8. Departemen Kimia. FMIPA. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nur Hidayat, Masdiana C. Padaga dan Sri Suhartini. 2006. *Mikrobiologi Industri*. ANDI. Yogyakarta.
- M. J. Pelczar and E.C.S. Chan. 1988. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. UI Press. Jakarta.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010. *Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi*. MENLH. Jakarta.
- Riau Pos.com. 2013. *Potensi dan Tantangan Nasionalisasi Migas di Tengah Penurunan Produksi di Riau. Menakar Kemampuan Perusahaan Nasional-atau Daerah* (online). <http://riaupos.com/berita.menakar-kemampuan-perusahaan-nasional-atau-daerah.html>. (diakses 10 April 2014).
- Robert S. Breed, E.G.D. Murray and Nathan R. Smith. 1957. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology seventh edition*. The Williams and Wilkins Company. United State of America.
- W. Dick and L. Carey. 2005. *The Systematic Design of Instruction*. Perason. Boston.
- Yustina. 2010. *Modul Pembelajaran*. FKIP Universitas Riau. Pekanbaru.